

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-263012

(43)Date of publication of application : 28.09.1999

(51)Int.Cl.

B41J 2/045 B41J 2/055 B41J 2/16

(21)Application number : 10-069104

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 18.03.1998

(72)Inventor : MARUYAMA HIROYUKI

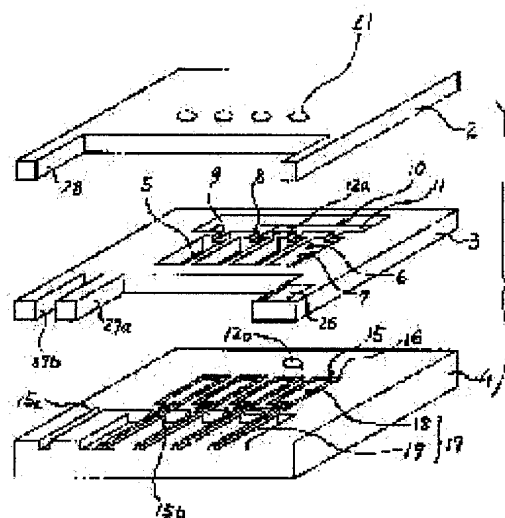
## (54) ELECTROSTATIC ACTUATOR AND PRODUCTION THEREOF

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an electrostatic actuator equipped with opposed members relatively displaced by electrostatic force and having a form capable of certainly forming a hydrophobic membrane preventing the mutual adhesion of the opposed members.

**SOLUTION:** The vibration chambers 15 containing the surfaces of the bottom walls (common electrodes) 5 and segment electrodes 17 of the ink chambers 6 of an ink jet head 1 using an electrostatic actuator are connected to a pipe 15b connecting the outside and this pipe 15b further communicates with a bypass pipe 15c. Further, the first through-hole 27a for taking out the pipe 15b and a second through-hole 27b

for taking out the bypass pipe 15c are formed to a cavity plate 3. After the open end of the pipe 15b is sealed from the first through-hole 27a by a sealant 20a, a compd. for forming a hydrophobic membrane through the bypass pipe 15c is injected into the vibration chambers 15 within a treatment tank. After injection, the open end of the bypass pipe 15c is sealed from the second through-hole outside the treatment tank by a sealant 20b to hermetically seal the vibration chambers 15.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-263012

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月28日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

B 4 1 J 2/045  
2/055  
2/16

B 4 1 J 3/04

1 0 3 A  
1 0 3 H

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平10-69104

(22) 出願日 平成10年(1998) 3月18日

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 丸山 博幸

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

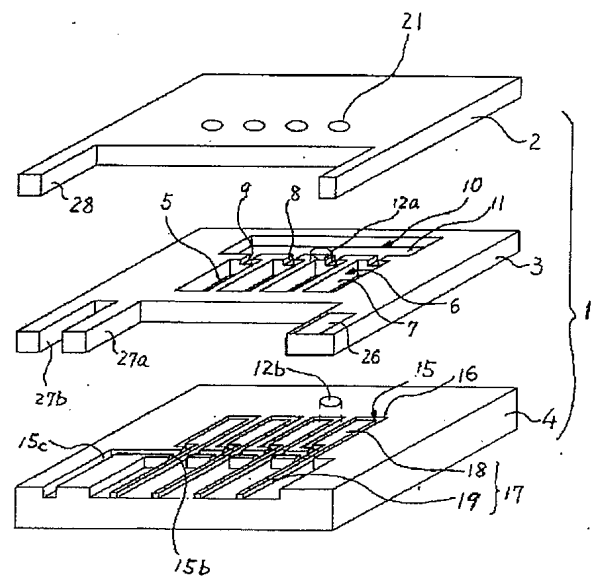
(74) 代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 静電型アクチュエータ及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 静電気力によって相対変位する対向部材を備えた静電型アクチュエータにおいて、対応部材同士の貼り付きを防止する疎水膜を確実に形成することが可能な形状の静電型アクチュエータを提供する。

【解決手段】 静電型アクチュエータを用いたインクジェットヘッド1のインク室6の底壁(共通電極)5の表面及びセグメント電極17の表面を含む振動室15は、外部を結ぶ管15bと接続しており、この管15bは更にバイパス管15cを介して外部に連通している。また、管15bを取り出すための第1の貫通穴27aとバイパス管15cを取り出すための第2の貫通穴27bがキャビティプレート3に形成されている。第1の貫通穴27aから管15bの解放端を封止材20aで封止した後、振動室15内部に、バイパス管15cを介して疎水膜を形成するための化合物を処理槽内で注入される。注入後、処理槽外で第2の貫通穴よりバイパス管15cの解放端を封止材20bで封止することにより、振動室15は気密封止される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 略一定の間隔で対向配置され相対変位可能な複数の対向部材と、これらの各対向部材の間に選択的に静電気を発生させて当該対向部材を選択的に相対変位させる駆動手段を有する静電型アクチュエータにおいて、

各対向部材の一方の部材側に設けられ、前記駆動手段により選択的に通電されるセグメント電極と、  
各対向部材が形成された面を壁面の一部とし、夫々にセグメント電極が形成された振動室と、  
各振動室に連通し、前記セグメント電極と電気的に接続するリードが夫々に形成された第1の管と、  
前記振動室側と反対側の端で、前記第1の管の全てに接続すると共に、前記各リードと電気的に接続する端子が夫々に形成された第1の凹部と、  
前記対向部材間に疎水膜を形成する化合物を封入するために、前記第1の管の端子が設けられた側の端を封止する第1の封止部材と、  
前記第1の管の複数の連通する第2の管と、  
前記第2の管に接続する第2の凹部と、  
前記第2の管の前記第2の凹部側の端を封止する第2の封止部材を備えたことを特徴とする静電型アクチュエータ。

【請求項2】 請求項1において、前記化合物は、疎水基を有し、かつ水酸基と反応可能な有機珪素化合物であることを特徴とする静電型アクチュエータ。

【請求項3】 請求項2において、前記有機珪素化合物は、式 $R_3-Si-X$ 、もしくは式 $R_3-SiNHSi-R$ （ $R$ はアルキル基、 $X$ はハロゲンもしくはアミノ基を示す）で表される化合物であることを特徴とする静電型アクチュエータ。

【請求項4】 請求項2において、前記化合物が、ヘキサメチルジシラザン（ $(CH_3)_2SiNHSi(CH_3)_2$ ）、ヘキサエチルジシラザン（ $(C_2H_5)_2SiNHSi(C_2H_5)_2$ ）、トリメチルクロロシラン（ $(CH_3)_3SiCl$ ）、トリエチルクロロシラン（ $(C_2H_5)_3SiCl$ ）、トリメチルアミノシラン（ $(CH_3)_3SiNH_2$ ）、トリエチルアミノシラン（ $(C_2H_5)_3SiNH_2$ ）のいずれかであることを特徴とする静電型アクチュエータ。

【請求項5】 請求項2において、前記有機珪素化合物は、式 $R_2-Si-X$ （ $R$ はアルキル基、 $X$ はハロゲンもしくはアミノ基を示す）で表される化合物であることを特徴とする静電型アクチュエータ。

【請求項6】 請求項5において、前記化合物が、ジメチルジクロロシラン（ $(CH_3)_2SiCl_2$ ）であることを特徴とする静電型アクチュエータ。

【請求項7】 請求項1乃至6のいずれかにおいて、前記対向部材間の前記化合物の濃度が0.3%以上であることを特徴とする静電型アクチュエータ。

【請求項8】 請求項1乃至6のいずれかにおいて、前記対向部材間の前記化合物の濃度が0.8%以上であることを特徴とする静電型アクチュエータ。

【請求項9】 請求項1乃至8のいずれかの項において、前記対向部材の相対変位によって容積が変動するインク室と、当該インク室に連通しているインクノズルとを有し、前記駆動手段は、前記対向部材のそれぞれに形成した対向電極と、これらの対向電極の間に電気パルスを加する電圧印加手段とを備え、前記電気パルスの印加に応じて前記インクノズルからインク液滴が吐出されるようになっていることを特徴とする静電型アクチュエータ。

【請求項10】 請求項1乃至9記載の静電型アクチュエータの製造方法において、前記第1の管を前記第1の封止材で封止し、前記化合物が充填した処理槽内にアクチュエータを置き、前記化合物を対向部材間に侵入させ、該対向部材間に疎水膜を付着させた後、前記処理槽外で前記第2の管を前記第2の封止材で封止することを特徴とする静電型アクチュエータの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は対向電極間に電圧を印加することにより発生する静電気を駆動源として利用している静電型アクチュエータに関するものである。更に詳しくは、本発明は、静電気力により相対変位する部材の表面に疎水膜を備えた静電型アクチュエータにおける当該疎水膜の形成方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】インクジェットプリンタのインクジェットヘッド等には、半導体の微細加工技術を用いて形成された微小構造のアクチュエータが用いられている。この微小構造のアクチュエータとしては、その駆動源として静電気力を利用した静電駆動方式のものが知られている。例えば、本出願人によって、静電気力を利用してインク液滴を吐出するタイプのインクジェットヘッドが特開平5-50601号、同6-70882号公報に開示されている。

【0003】この形式のインクジェットヘッドは、インクノズルに連通しているインク室の底面が弾性変形可能な振動板として形成されている。この振動板には、ほぼ一定の間隔で基板が対向配置されている。これらの振動板および基板には、それぞれ対向電極が配置され、これらの対向電極の間の空間は封止された状態となっている。対向電極間に電圧を印加すると、これらの間に発生する静電気力によってインク室の底面（振動板）が基板の側に静電吸引あるいは静電反発されて振動する。このインク室の底面の振動に伴って発生するインク室の内圧変動によりインクノズルからインク液滴が吐出される。対向電極間に印加する電圧を制御することにより、記録に必要な時のみインク液滴を吐出する、所謂インク・

オン・デマンド方式が実現される。

【0004】ここで、対向電極間に繰り返し電圧を印加してインクジェットヘッドを駆動している間に、対向電極の表面、すなわち、対向しているインク室底面および基板の表面に水分が付着すると、これらの極性分子の帯電によって、静電吸引特性あるいは静電反発特性が低下する恐れがある。また、基板の表面に吸着した極性分子が相互に水素結合して、インク室底面が基板側に貼り付いたままの状態（スティッキング状態）となり、動作不能となる恐れがある。

【0005】このような弊害を回避するために、インク室底面および基板表面に疎水化処理を施すことが考えられる。例えば、パーフルオロデカン酸（PFDA）の配向単分子層をこれらの表面に形成することにより、これらの表面を疎水化することが考えられる。

【0006】PFDAを用いた疎水化処理が施された静電型アクチュエータの例は、例えば、特開平7-13007号公報、USP5、331、454に開示されている。これらの公報においては、静電型アクチュエータであるマイクロメカニカル装置における対向電極の表面にPFDAの配向単分子層を形成することにより、これらが駆動中に膠着状態に陥ること等を防止するようにしている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】PFDAを用いた疎水化処理の他に、本発明者等は、HMDS等（ヘキサメチルジシラザン、 $(CH_3)_3SiNHSi(CH_3)_3$ ）を用いて疎水化処理を行うことを提案している。即ち、疎水膜を形成するための化合物を対向電極の間の空間に気密封止して、静電型アクチュエータの耐久性を向上させることを提案している。

【0008】本発明者等の知見によれば、アクチュエータの耐久性と、アクチュエータ内に気密封止された化合物の濃度とは密接な関係があることが得られた。詳細に説明すると、本発明者等は、対向表面に疎水基を有し、かつ水酸基と反応可能な有機珪素化合物の一つであるヘキサメチルジシラザン（HMDS）からなる疎水膜を付着した直後から外部（大気中）に放置した場合における疎水膜の耐久性を調べたところ、図7に示すように、放置した直後から急激に低下して数分後に所定のレベルにおちつき、その後、さらに数日間放置すると、耐久性は再び徐々に回復することが分かった。より詳しく現象を説明すると、図7の領域Bの範囲内で対向部材間を封止したものは、対向部材間（対向する電極から構成されるキャパシタ）の充放電を400～500万回繰り返すと、対向部材間にゲル状の異物が発生し、アクチュエータを作動させることが困難となる。このゲル状の異物は、対向部材間の隙間を早く封止するほど、発生する時期が遅くなる（領域A）。即ち対向部材間の隙間内のHMDS濃度を上げるほど、ゲル状の異物が発生しにくく

なるということが分かった。一方、気密封止まで所定時間以上放置したもののゲル状の異物が発生しにくくなる（領域C）。

【0009】この特異な現象は、疎水膜を形成するための化合物が対向部材間に過剰に存在すると、静電型アクチュエータに充放電を繰り返すうちに化合物がゲル化しやすく、極めて過剰な化合物が封止されれば逆にゲル化が抑制されるということを示唆している。また、気密封止まで所定時間以上放置すれば、過剰な化合物が加水分解により除去され、異物化の原因となる過剰な化合物が除去されるものと考えられる。

【0010】即ち、このような実験結果から、耐久性のある疎水膜を得るためには、対向表面間に疎水膜を形成するための化合物を注入した後、1) 対向表面間の隙間に存在する疎水膜を形成するための化合物の濃度が所定値以上に保たれた状態のまま当該隙間を気密封止するか、2) 数日間大気中に対向部材を放置した後隙間を封止すればよいということが分かった。

【0011】隙間に化合物の濃度が所定値以上に保たれた状態のまま当該隙間を気密封止する方法1)で静電型アクチュエータを製造する場合、本発明者等の実験によれば、化合物の濃度が0.3～0.8%以上の状態で隙間を気密封止すれば、疎水膜の耐久性を実用上十分なものにできることが確認されている。

【0012】このように、できる限り化合物の濃度の高い状態で対向部材間の隙間を封止することが望ましいが、HMDSを充填した槽内で隙間をエポキシ系の接着剤を用いて封止する場合にはHMDS以外の接着剤の成分で槽内を汚してしまい、品質管理上好ましくない。

【0013】本発明の課題は、このような点に鑑みて、耐久性のある疎水膜を備えた静電型アクチュエータを提供するとともに、疎水膜を形成するための化合物を濃度の高い状態に保って確実にアクチュエータ内に注入し、かつ、槽外で封止することが可能な、即ち大量生産に適した形状の静電型アクチュエータを提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明は、略一定の間隔で対向配置され相対変位可能な複数の対向部材と、これらの各対向部材の間に選択的に静電気を発生させて当該対向部材を選択的に相対変位させる駆動手段を有する静電型アクチュエータにおいて、各対向部材の一方の部材側に設けられ、前記駆動手段により選択的に通電されるセグメント電極と、各対向部材が形成された面を壁面の一部とし、夫々にセグメント電極が形成された振動室と、各振動室に連通し、前記セグメント電極と電氣的に接続するリードが夫々に形成された第1の管と、前記振動室側と反対側の端で、前記第1の管の全てに接続すると共に、前記各リードと電氣的に接続する端子が夫々に形成された第1の凹部と、前記対向部材間に疎水膜を形

成する化合物を封入するために、前記第1の管の端子が設けられた側の端を封止する第1の封止部材と、前記第1の管の複数に連通する第2の管と、前記第2の管に接続する第2の凹部と、前記第2の管の前記第2の凹部側の端を封止する第2の封止部材を備えたことを特徴とする。また、本発明の静電型アクチュエータの製造方法は、上記の静電型アクチュエータの製造方法において、前記第1の管を前記第1の封止材で封止し、前記化合物が充満した処理槽内にアクチュエータを置き、前記化合物を対向部材間に侵入させ、該対向部材間に疎水膜を付着させた後、前記処理槽外で前記第2の管を前記第2の封止材で封止することを特徴とする。前記化合物は、例えば、疎水基を有し、かつ水酸基と反応可能な有機珪素化合物であることが好ましい。これらは分子量がフッ素化合物に比べより微少な隙間に注入しやすいためである。即ち、化合物を処理槽内充満させ、その中に置かれたアクチュエータ内に化合物を侵入させて疎水膜を形成する方法では、分子量の小さな化合物である有機珪素化合物を用いることが好ましい。

【0015】より具体的な有機珪素化合物は、例えば、式 $R_3-Si-X$ 、もしくは式 $R_3-SiNHSi-R_3$ （ $R$ はアルキル基、 $X$ はハロゲンもしくはアミノ基を示す）で表される化合物であり、ヘキサメチルジシラザン（ $(CH_3)_3SiNHSi(CH_3)_3$ ）、ヘキサエチルジシラザン（ $(C_2H_5)_3SiNHSi(C_2H_5)_3$ ）、トリメチルクロロシラン（ $(CH_3)_3SiCl$ ）、トリエチルクロロシラン（ $(C_2H_5)_3SiCl$ ）、トリメチルアミノシラン（ $(CH_3)_3SiNH_2$ ）、トリエチルアミノシラン（ $(C_2H_5)_3SiNH_2$ ）等が含まれる。また、前記有機珪素化合物は、例えば、ジメチルジクロロシラン（ $(CH_3)_2SiCl_2$ ）等の式 $R_2-Si-X$ （ $R$ はアルキル基、 $X$ はハロゲン、アミノ基、もしくはシリル化アミンを示す）で表される化合物であってもよい。

【0016】本発明を適用可能な静電型アクチュエータはインクジェット記録装置に用いるインクジェットヘッドである。この場合には、静電型アクチュエータを、前記第1および第2の部材の相対変位によって容積が変動するインク室と、当該インク室に連通しているインクノズルとを有する構成とし、前記駆動手段を、前記第1の部材および前記第2の部材に形成した対向電極と、これらの対向電極の間に電気パルス印加する電圧印加手段とを備えた構成とし、前記電気パルスの印加に応じて前記インクノズルからインク液滴を吐出させるようにすればよい。

【0017】このように、本発明では、各振動室内に形成されたセグメント電極と駆動回路を接続するために必要不可欠な第1の管に対して、バイパスとして機能する第2の管を設けることにより、疎水膜付着後に処理槽外で第2の管のみを用いて、疎水膜を形成する化合物を所

定濃度に保った状態で、各振動室（対向部材間の隙間）を気密封止することが可能である。第1の管の総断面積に比べ第2の管の断面積は小さいため、処理槽外で封止工程を行っても、第2の管を用いないものに比べ、封止が完了するまでの間の振動室内の化合物の濃度低下が抑制される。また、第1の管は、振動室の数が増えれば（インクジェットヘッドの場合はノズル数が増加する）それだけ必要となるが、第2の管は一本あれば十分機能するので、付着工程後、隙間を封止する箇所も1カ所ですみ、封止する面積もバイパス管を設けないものに比べ小さいので、より迅速に封止を行えるという利点を有する。

【0018】封止材として用いられる接着剤の中には、加熱して硬化させるものがあるが、温度が加わることで封止用接着剤の粘度が一旦低下し、接着剤が壁面を伝わって流動することがある。

【0019】しかしながら、本発明では、振動室側と反対側の端で、第1の管の全てに接続すると共に、前記各リードと電気的に接続する端子が夫々に形成された第1の凹部と、バイパス管としての第2の管に接続する第2の凹部とが区切られて形成されている。即ち、第1の管を封止する箇所の第1の凹部と、第2の管を封止する箇所の第2の凹部は区画されて形成されているため、第1の封止材が流動して、第2の管を塞いでしまう可能性がなく、第2の管を通して疎水膜を形成するための化合物を振動室に侵入させることができなくなるという不具合が生じない。

【0020】

【発明の実施の形態】以下に、図面を参照して本発明の静電型アクチュエータインクジェットヘッドをインクジェットヘッドに適用した例について説明する。

【0021】（全体構成）図1は本発明を適用するインクジェットヘッドの分解斜視図である。また、図2は組み立てられたインクジェットヘッドの断面構成図（図3のII-II断面）、図3はその平面図、図4はその部分（IV-IV）断面図である。

【0022】これらの図に示すように、インクジェットヘッド1は、インク液滴を基板の上面に設けたインクノズルから吐出させるフェイスインクジェットタイプであり、静電駆動方式のものである。インクジェットヘッド1は、キャビティープレート3を挟み、上側にノズルプレート2、下側にガラス基板4がそれぞれ積層された3層構造となっている。

【0023】キャビティープレート3は、例えばシリコン基板であり、プレートの表面には底壁が振動板5として機能するインク室6を構成することになる凹部7と、凹部7の後部に設けられたインク供給口8を形成することになる細溝9と、各々のインク室6にインクを供給するためのインクリザーバ10を構成することになる凹部11とがエッチングによって形成されている。このキャ

ビティープレート3の下面は鏡面研磨によって平滑化されている。

【0024】このキャビティープレート3の上側に接合されるノズルプレート2は、キャビティープレート3と同様に、例えばシリコン基板である。ノズルプレート2において、インク室6の上面を規定している部分には各インク室6に連通する複数のインクノズル21が形成されている。

【0025】静電型アクチュエータは、一時的に各インク室内の圧力を上昇させて、対応するインクノズルからインク滴を吐出させるために、各インク室に対して夫々設けられている。静電型アクチュエータは微小な隙間をもって対向する2個の電極部材を有しており、本実施形態では、一方の電極は後述する変形可能な振動板5としてインク室6の底に形成されており、他方の電極は、ガラス基板4の凹部16に形成されている。なお、後述するように、本実施形態では、キャビティープレート3が導体であるため、振動板5自体が静電型アクチュエータの一方の電極として機能している。

【0026】ノズルプレート2をキャビティープレート3に接合することにより、上記の凹部7、11、および細溝9が塞がれて、インク室6、インク供給口8、インクリザーバ10のそれぞれが区画形成される。

【0027】なお、インクリザーバ10の底面を規定する部分にはインクリザーバ10にインクを供給するための孔12aが設けられており、基板接合後、後述するガラス基板4に設けられた孔12bと共にインク供給孔12を形成する。インク供給孔12には、不図示の接続チューブを介して不図示のインクタンクに接続される。インク供給孔12から供給されたインクは、各インク供給口8を経由して独立した各インク室6に供給される。

【0028】キャビティープレート3の下側に接合されるガラス基板4は、シリコンと熱膨張率が近いホウ珪酸ガラス基板である。このガラス基板4において、各々の振動板5に対向する部分には振動室（隙間）15を構成することになる凹部16が形成されている。この凹部16の底面には、振動板5に対向する個別電極17が形成されている。個別電極17は、ITOからなるセグメント電極部18と端子部19を有している。

【0029】このガラス基板4をキャビティープレート3に接合することにより、各インク室6の底面を規定している振動板5と個別電極17のセグメント電極部18は、非常に狭い隙間を隔てて対向する。この隙間15はキャビティープレート3とガラス基板4の間に配置した封止材20によって封止される。

【0030】振動板5は薄肉とされており、面外方向、すなわち、図2において上下方向に弾性変形可能となっている。この振動板5は、各インク室側の共通電極として機能する。この共通電極としての振動板5の底面51にはヘキサメチルジシラザン（ $(CH_3)_6Si_2NH_8$

i（ $CH_3$ ））、以下単にHMDSと呼ぶ）を用いて有機珪素化合物からなる疎水膜22が形成されている。この振動板5に対向する個別電極17のセグメント電極部18の表面にも、HMDSを用いて有機珪素化合物からなる疎水膜23が形成されている。隙間15を挟み、振動板5と、対応する各セグメント電極部18とによって対向電極が形成されている。

【0031】振動板5と個別電極17との間には電圧印加装置25が接続されている。電圧印加装置25の一方の出力は各個別電極17の端子部19に接続され、他方の出力はキャビティープレート3に形成された共通電極端子26に接続されている。キャビティープレート3自体は導電性をもつため、この共通電極端子26から振動板（共通電極）5に電圧を供給することができる。また、より低い電気抵抗で振動板5に電圧を供給する必要がある場合には、例えば、キャビティープレート3の一方の面に金等の導電性材料の薄膜を蒸着やスパッタリングで形成すれば良い。本例では、キャビティープレート3とガラス基板4との接続に陽極接合を用いているので、キャビティープレート3の流路形成面側に導電膜を形成してある。

【0032】このように構成したインクジェットヘッド1においては、電圧印加装置25からの駆動電圧が対向電極間に印加されると、対向電極間に充電された電荷によるクーロン力が発生し、振動板5はセグメント電極部18の側へ撓み、インク室5の容積が拡大する。次に、電圧印加装置25からの駆動電圧を解除して対向電極間の電荷を放電すると、振動板5はその弾性復帰力によって復帰し、インク室6の容積が急激に収縮する。この時発生する内圧変動により、インク室6に貯留されたインクの一部分が、インク室6に連通しているインクノズル21から記録紙に向かって吐出する。

【0033】なお、インクジェットヘッド1で使用されるインクとしては、水、アルコール、トルエン等の主溶媒にエチレングリコール等の界面活性剤と、染料または顔料とを溶解または分散させることにより調製される。さらに、インクジェットヘッド1にヒータを設けておけば、ホットメルトインクも使用できる。

【0034】（製造方法）以下静電型アクチュエータの最適な製造方法について説明する。

【0035】図5には上記構成のインクジェットヘッド1の製造工程の一例の概略フローチャートを示してある。この図に示すように、まず、ステップST1において、インクジェットヘッド1を構成しているキャビティープレート3、ノズルプレート2、ガラス基板4をそれぞれウエハから加工して製造する。次に、ステップST2において、それらの3部材を相互に組み立てて（接合して）インクジェットヘッドを形成する。すなわち、間隔15が形成されるように、キャビティープレート3の底面側にガラス基板4を組み付ける。この状態では、共

通電極である振動板5の底面51、およびセグメント電極部18の表面のいずれにも疎水膜は形成されていない。

【0036】次に、ステップST3の前処理（乾燥）工程において、インクジェットヘッド1に対して前処理を施し、その表面に付着している水分を除去、あるいは可能な限り低減する。例えば、ドライエアーを供給した処理槽内にインクジェットヘッド1を放置すれば良い。このような前処理工程を行うと、HMDSの付着状況の安定化を図ることができる。すなわち、振動板5の底面51、およびセグメント電極部18の表面から余分な付着水分を低減・除去して、HMDSの付着状況の安定化を図り、次の工程におけるHMDSの付着状態にばらつきが発生するのを回避できる。なお、ドライエアーを用いる方法の他、処理槽内を真空にして加熱する真空加熱工程、処理槽内を真空雰囲気および窒素雰囲気に交互に切り換える工程、及びこれらの組合せを前処理工程として採用することができる。

【0037】次に、ステップST4のHMDS付着工程において、共通電極である振動板5の底面51、およびセグメント電極部18の表面に、それぞれHMDSからなる疎水膜22、23を形成する。例えば、HMDSを入れた容器を前記処理槽内に置き、ドライエアーの供給を止め、常温、常湿で雰囲気圧力を大気圧として、この状態を、HMDSが拡散により十分隙間15に侵入するまで（本形態では約20時間程度）維持する。この結果、共通電極である振動板5の底面51およびセグメント電極部18の表面にはHMDSからなる疎水膜22、23が形成される。この時の処理槽内のHMDS濃度は、約0.8%以上にすれば良い。後述するように処理槽外でアクチュエータの対向電極間の隙間を気密封止するため、気密封止するまでに隙間内のHMDSの濃度が低下し、気密封止後の隙間内のHMDSの濃度は処理槽内の濃度より低くなる。この濃度の低下分を予め見込んで、気密封止後のHMDSの濃度が少なくとも0.3%以上となるように処理槽内のHMDSの濃度が設定されている。

【0038】図6には、シリコン製の振動板5の底面およびITO製のセグメント電極部18の表面に形成されたHMDSの疎水層22a、23aの分子結合状態を示してある。この図に示すように、各表面では、OH基が疎水基であるOSi(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>基と入れ代わった状態となる。

【0039】次に、ステップST5の気密封止工程において、処理槽内からインクジェットヘッド1を取り出して、3分以内で処理槽外で振動板5とセグメント電極部18との間の空間を気密封止し、隙間15を形成する。この時、気密封止された隙間15のHMDS濃度は約0.3%以上になる。

【0040】図7は疎水膜22、23を形成した直後に

インクジェットヘッドを外部に放置した場合における放置時間と疎水膜22、23の耐久性の相関関係のグラフである。なお、このグラフは、封止工程における処理槽内のHMDS濃度が0.8%以上になるようにした場合に得られたものである。また、耐久性は、振動板5の1回の振動を1サイクルとして測定したものである。

【0041】このグラフから分かるように、HMDSからなる疎水膜22、23を形成した後に、その状態のまま封止せずに処理槽内から取り出して、大気中に放置しておく、疎水膜22、23の耐久性は処理槽内から取り出した直後（右下がり領域A）に急激に低下する。そして、数分後に所定の耐久性レベルに安定する。（安定領域B）。その後、さらに放置しておく、数日後には耐久性が再び徐々に回復する。（右上がり領域C）。また、右上がり領域Cの耐久性は、疎水膜22、23を形成した直後（右下がり領域A）の耐久性に比べれば低いレベルである。

【0042】本例の製造方法では、隙間15のHMDS濃度が約0.3%以上になるように当該隙間15を気密封止している。すなわち、図7の右下がり領域Aで隙間15を気密封止したことになる。このため、振動板5の表面およびセグメント電極部18の表面に形成された疎水膜22、23の耐久性としては、疎水膜22、23が形成された直後あるいはそれに近いものになる。図8から明らかなように、疎水膜22、23を形成した後、隙間15のHMDS濃度が約0.3%以上のまま気密封止すれば、数千万～数十億サイクル程度の耐久性が得られる。

【0043】図8は、図7における右下がり領域Aに含まれる放置時間内で隙間15を気密封止したときに得られる当該隙間内のHMDS濃度と、疎水膜22、23の耐久性の相関関係のグラフである。このグラフから分かるように、インクジェットヘッド1は隙間15が0.3%以上のHMDS濃度となるように気密封止されているので、疎水膜22、23の耐久性は、約2千万サイクル以上になる。従って、疎水膜22、23を形成してから数日間放置した後に、隙間15を気密封止した場合と同等あるいはそれ以上の耐久性を持つ疎水膜を得ることができる。例えば、隙間15のHMDS濃度を約0.4%以上にすると、1億サイクル以上の耐久性を持つ疎水膜22、23を得ることができる。

【0044】ここで、隙間15のHMDS濃度を高めるにしたがって疎水膜22、23の耐久性は上昇する。但し、HMDS濃度が約0.8%となると疎水膜の耐久性は50億サイクル程度に飽和する。このため、処理槽内のHMDS濃度の管理誤差、処理槽外に取り出してから気密封止までの濃度の低下等を考慮すれば、処理槽内のHMDS濃度を1.0%ないし2.0%前後に設定することが最も好ましい。

【0045】以上説明したように、本例の方法によれ

ば、HMDSからなる疎水膜22、23の耐久性を充分なものとするために、疎水膜形成後に数日間に渡って放置する必要がない。即ち、短時間で静電型アクチュエータを製造できるという利点を有する。

【0046】ここで、ステップST4のHMDS付着工程を行うと、キャピティプレート3のその他の表面にも疎水膜が形成されて疎水性が付与されてしまい、インク流路の気泡の排出性が悪化する等の問題が生じる。しかしながら、ステップST5の気密封止工程を行った後に、RCA洗浄（アンモニア、過酸化水素水の混合液を用いた洗浄）等を行うことにより簡単にインク流路表面から疎水膜を除去することが可能である。このため、気泡の排出性悪化等の問題が併発されることを防止できる。

【0047】（インクジェットヘッドの隙間の封止部分の構造）以下、図7、図9を用いて、インクジェットヘッドのインクジェットヘッドの隙間の封止部分の構造について説明する。

【0048】HMDSの濃度の高い状態で対向部材間の隙間を封止することが望ましいことは、前述した通りである。このためにはHMDSを充填した槽内で隙間を封止する作業を行う工程を採用することが好ましいが、反面、以下の欠点も併せ持つ。即ち、槽内で封止材、具体的にはエポキシ系の接着剤を用いて隙間を封止することは、容易な作業ではない。また、HMDS以外の接着剤の成分で槽内を汚染することは、品質管理上好ましくない。

【0049】従って、槽内に所定時間置かれた静電型アクチュエータを、槽内から取り出した後迅速に隙間の封止を行う工程を採用するほうが、静電型アクチュエータの大量生産には適している。

【0050】槽内から取り出した直後から、隙間内のHMDSが低下し、封止までの間に時間がかかれば耐久性が低下することは、図7からも明らかである。即ち、図7の領域Aの部分の傾きは、槽内から取り出した後の静電型アクチュエータの対向部材間の隙間のHMDSの濃度の低下する速度を表し、この速度が大きいほど、素早く封止する必要がある。

【0051】本実施例は、対向部材間の隙間を封止する構造に関し、封止までの隙間内のHMDSの濃度の低下を抑えるものである。

【0052】図9は、図1に示したインクジェットヘッドの対向部材間の隙間の封止部分を示す平面図である。符号18は個別電極であり、端子部19と個別電極18はリード部17bによって接続されている。これら電極17、17bはガラス基板4上に設けられた凹部16にITOを蒸着することにより形成される。

【0053】図示のように、凹部16は2つの部分に区画されている。アクチュエータ部分（振動室15）となる部分の凹部の寸法は幅b、長さaであり、振動室15

と外部とをつなぐ管15bとなる部分の凹部の寸法は幅d、長さlである。尚、ガラス基板4とキャピティプレート3を接合し、HMDSを振動室15内に入れ付着させた後、管15bの解放端は封止材20によって閉じられる。

【0054】振動室15の体積を $V(a \times b \times g)$ 、 $g$ は対向部材間（振動板5と電極17間の距離）とし、管15bの断面積を $S(d \times g)$ としたとき、以下の式で表される値 $K$ の大小が、槽内から取り出した後の静電型アクチュエータの対向部材間の隙間のHMDSの濃度の低下する速度に関係し、 $K \geq 25$ であれば、槽外で隙間の封止を行っても十分静電型アクチュエータの耐久性を確保できることが実験で得られた。

【0055】 $K = V \cdot L / S$

図7の領域Aの実線部分は $K = 10$ 、波線部分は $K = 25$ の場合の耐久性と気密封止までの時間の相関を示すものである。図から明らかなように1分以内で封止すれば、 $K = 25$ であれば1億パルス程度の耐久性を得ることができるのに対し、 $K = 10$ では1000万パルス程度の耐久性を得ることも難しい。 $K = 10$ で1億パルスの耐久性を得るためには、槽外に出して10秒程度で封止工程を終了させる必要があり、大量生産を前提とした工程では事実上不可能である。

【0056】（本発明の静電アクチュエータの実施形態）以下、本発明の特徴である静電型アクチュエータの封止部分の構造について図10、図11、図12、図13に示す一実施形態を用いて説明する。

【0057】図10は、本実施形態のインクジェットヘッドの斜視図を示し、図11は分解斜視図を示す。図1と同一の符号のものは、図1で説明した例と同一のものを示す。

【0058】また、図12は図10及び図11のインクジェットヘッドの隙間の封止部分の平面図を示すものである。図9と同一の符号のものは、図9で説明した例と同一のものを示す。

【0059】キャピティプレート3には、複数の振動室15に接続されている管15bの解放端側に第1の凹部31の一部を構成する貫通孔27aが形成され、更に、各管15bを結ぶバイパス管15cの解放端側に第2の凹部32の一部を構成する貫通孔27bが形成されている。また、電極基板4にも第1、第2の凹部の一部分となる凹部が31a、31bが設けられており、凹部31aには端子部19が設けられる。

【0060】ノズルプレート2には、キャピティプレート3に形成された貫通孔27aと貫通孔27bを合わせた面積より一回り大きな貫通穴28が形成されている。

【0061】各管15bの解放端側に封止部20aが形成され、また、バイパス管15cの解放端側に封止部20bが形成されている。よって、列状に配置された複数の振動室15は気密封止されている。



【0062】個々のインクジェットヘッド1を構成するインクノズル21、インク室5、電極17等の各要素は、各基板102、103、104に複数セット形成される。各要素が形成された基板を接合した後、接合された基板100を切断することにより、同時に複数のインクジェットヘッドを得ることができる。

【0063】図13は、各要素が形成され、互いに接合される3枚の基板を示す斜視図である。本実施の形態では、両端の列に夫々3個の、中央の5列には、1列当たり5個のインクジェットヘッドを形成するための各要素が各基板に形成されており、接合した基板を切断することにより、2枚のシリコンウエハ102、103と1枚のガラス基板104から計31個のインクジェットヘッドを得ることができる。

【0064】キャピティプレート3を構成することになるウエハ103には第1の凹部31の一部を構成することになる貫通孔27a、第2の凹部32の一部を構成する貫通孔27bが形成されている。また、ノズルプレート2を構成することになるウエハ102には、貫通孔27aと貫通孔27bを合わせた面積より一回り大きな貫通穴28が形成されている。また、これらの貫通孔27a、27b、28は、3枚の基板が接合されたときに、電極端子19、26が接合基板の表面に露出させるための孔でもある。

【0065】なお、符号72a、72bは基板102と基板103を接合する際に位置決めに用いられる基板接合用の基準マークであり、基板102に設けられた基板切断用の基準マーク73は、接合された基板100を切断するとき、切断位置を合わせるための基準となるマークである。

【0066】本実施形態のインクジェットヘッドは、以下の手順により、HMDSが振動室15内に封止され、製造される。

【0067】ノズルプレート2を形成するウエハ102、キャピティプレート3を形成するウエハ103の所定の位置をエッチングし、ノズル等となる孔を形成する。これと同時にウエハ102には貫通孔28が形成され、ウエハ103には貫通孔27aと貫通孔27bが形成される。

【0068】同様に、ガラス基板104も所定の位置をエッチングして凹部を形成し、凹部内の所定の位置に個別電極17を形成する。

【0069】このガラス基板104と振動板5が設けられたキャピティプレート3を形成するウエハ103を陽極接合することにより個々のヘッドの構成要素となる振動室15、管15b、バイパス管15cが形成される。更にウエハ103の上にノズルプレート2を形成するウエハ102を接合することにより、個々のヘッドの構成要素となるインク室6が形成されると共に、各ノズル21とインク室6が連通する。

【0070】各管15bの解放端をウエハ103に形成した各貫通孔27aから封止部材20aにより封止した後、所定濃度のHMDSが充填された槽内に接合された基板100を入れ、所定時間槽内に放置する。その後、接合された基板100を槽外に取り出し、各バイパス管15cの解放端をウエハ103に形成した各貫通孔27bから封止部材20bにより封止し、振動室内に所定濃度以上のHMDSを入れたまま、各振動室15を外気から遮断する。その後、接合された基板100を切断し、個々のインクジェットヘッド1に分離する。

【0071】気密封止する封止部材は、例えばエポキシ系接着剤であり、この種の接着剤は加熱することにより硬化させる。接着剤を加熱した場合接着剤の粘度は一旦低下する。各管15bとバイパス管15cの位置に対応するように、それぞれ第1の凹部31と第2の凹部32を形成することにより、即ち、封止材で封止する箇所は隣接しているが、2つの凹部を形成することにより仕切られているため、封止用の接着剤を加熱硬化の際に各管15bの封止材が壁面を伝わってバイパス管15cを塞ぐことがなくなる。

【0072】また、このようなバイパス管を設けることにより、インクジェットヘッド自体の面積を増やすことなく、バイパス管を設けないものに比べK値を50～600倍程度を上げることができる。即ち、槽内から取り出した後の静電型アクチュエータの対向部材間の隙間のHMDSの濃度の低下を抑制することができる。

【0073】さらに、HMDS付着工程後、隙間を封止する箇所もインクジェットヘッド1個当たり1カ所ですみ、封止する面積もバイパス管を設けないものに比べ小さいので、より迅速に封止を行えるという利点を有する。

【0074】本実施形態では、所定濃度のHMDSが充填された槽内に多数のインクジェットヘッドが形成された3枚の基板を接合した基板を入れ、所定時間槽内に放置しているが、この形態に限定されるものではなく、キャピティプレート3を形成するウエハ103と電極基板4を形成するガラス基板104が接合され各振動室15が形成された後であれば、同様な効果がえられる。よって、振動室に所定濃度以上のHMDSが封入された状態で振動室が外気から遮断し、その後で、ノズルプレート2を形成するウエハ102を接合してもよい。

【0075】[その他の実施の形態]なお、上述の実施形態では、対向部材間に気密封止される化合物としてHMDSを例にとって説明したが、これに限らず、疎水基を有し、かつ水酸基と反応可能な有機珪素化合物であれば本発明に適用可能である。この有機珪素化合物は、例えば、式 $R_3-Si-X$ 、もしくは式 $R_3-SiNH_2$ 、 $R_3-Si-NH_2$ （Rはアルキル基、Xはハロゲンもしくはアミノ基を示す）で表される化合物であり、HMDSの他に例えば、ヘキサエチルジシラザン（ $(C_2H_5)_3Si-Si(C_2H_5)_3$ ）S

iNH<sub>3</sub>Si(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>、トリメチルクロロシラン((CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>SiCl)、トリエチルクロロシラン((C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>SiCl)、トリメチルアミノシラン((CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>SiNH<sub>2</sub>)、トリエチルアミノシラン((C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>SiNH<sub>2</sub>)等が含まれる。また、例えば、ジメチルジクロロシラン((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SiCl<sub>2</sub>)等の式R<sub>2</sub>-Si-X(Rはアルキル基、Xはハロゲンもしくはアミノ基を示す)で表される有機珪素化合物を本発明に適用してもよい。また、アクチュエータ内に所定濃度以上を保って気密封止することによって疎水膜が形成され、その疎水膜の耐久性が向上する性質を示す化合物であれば、有機珪素化合物に限らず、例えばフッ素を含む化合物であっても本発明に適用可能である。

【0076】また、前述したインクジェットヘッド1は、インク液滴を基板の上面に設けたインクノズルから吐出させるフェイスインクジェットタイプであるが、基板の端部に設けたインクノズルから吐出させるエッジインクジェットタイプにも本発明のインクジェットヘッドを適用できる。

【0077】また、上記の例では、インクジェットヘッドに対して本発明を適用した例であるが、本発明はインクジェットヘッド以外の静電型アクチュエータ、例えば、例えば、特開平7-54259号公報に開示されているようなマイクロメカニカル装置、静電型アクチュエータを用いた表示装置、マイクロポンプ等に対しても同様に適用できる。

【0078】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の静電型アクチュエータにおいては、各振動室内に形成されたセグメント電極と駆動回路を接続するために必要不可欠な第1の管に対して、バイパスとして機能する第2の管を設け、かつ、第1の管と第2の管を取り出すための各凹部を夫々の間が仕切られるように形成している。そのため、疎水膜を形成する化合物を注入する工程の前に行う第1の管の封止の際に、封止用接着剤を加熱硬化させても封止用接着剤が第2の管を塞いでしまうおそれがなく、第2の管を通して疎水膜を形成する化合物を確実に注入することができる。また、処理槽外で封止工程を行っても、第1の管の総面積に比べ第2の管の断面積は小さいので、第2の管を用いないものに比べて、封止が完了するまでの間の振動室内の化合物の濃度の低下は抑制される。故に、槽外で隙間の封止を行っても十分なアクチュエータの耐久性を確保することが可能で、大量生産に適した静電型アクチュエータを提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用したインクジェットヘッドの分解

斜視図である。

【図2】図1のインクジェットヘッドの概略縦断面図である。

【図3】図1のインクジェットヘッドの平面図である。

【図4】図1のインクジェットヘッドの一部を示す概略横断面図である。

【図5】図1のインクジェットヘッドの製造工程を示す概略フローチャートである。

【図6】形成されたHMD Sの疎水層を示す模式図である。

【図7】疎水膜を形成した直後にインクジェットヘッドを外部に放置した場合における放置時間と疎水膜の耐久性の相関関係のグラフである。

【図8】図7の右下がり領域に含まれる放置時間内で隙間を気密封止したときに得られる隙間内のHMD S濃度と疎水膜の耐久性の相関関係のグラフである。

【図9】図1に示したインクジェットヘッドの対向部材間の隙間の封止部分を示す平面図である。

【図10】本発明の実施形態のインクジェットヘッドの斜視図である。

【図11】図10に示したインクジェットヘッドの分解斜視図である。

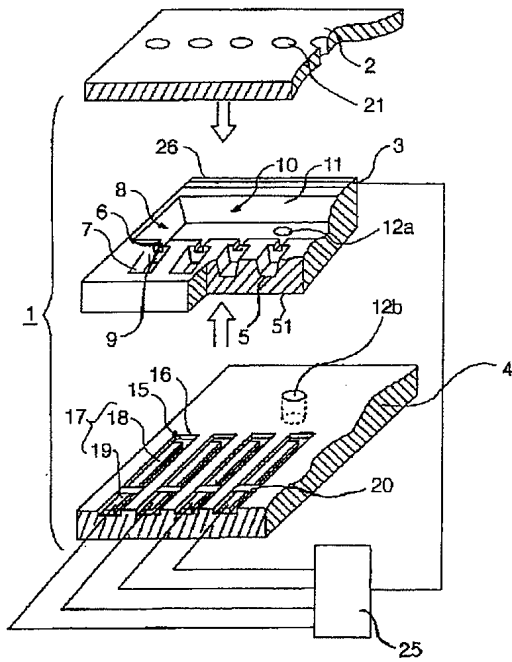
【図12】図10に示したインクジェットヘッドの対向部材間の隙間の封止部分を示す平面図である。

【図13】図10に示すインクジェットヘッドを構成する要素が多数形成され、互いに接合された後個々のインクジェットヘッドに切断分離される3枚の基板を示す分解斜視図である。

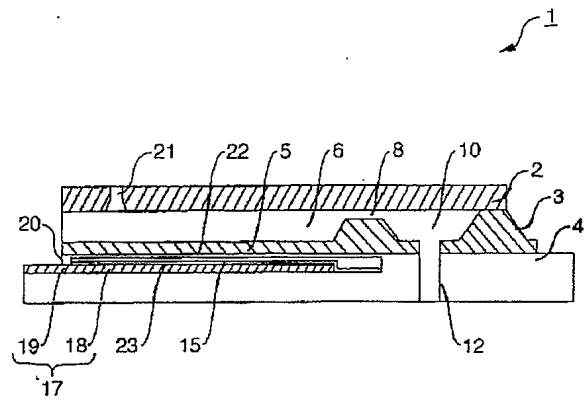
【符号の説明】

- |     |            |
|-----|------------|
| 1   | インクジェットヘッド |
| 2   | ノズルプレート    |
| 3   | キャピティプレート  |
| 4   | ガラス基板      |
| 5   | 振動板(共通電極)  |
| 6   | インク室       |
| 8   | インク供給口     |
| 10  | インクリザーバ    |
| 15  | 隙間         |
| 17  | 個別電極       |
| 18  | セグメント電極部   |
| 20  | 封止材        |
| 25  | 電圧印加装置     |
| 26  | 共通電極端子     |
| 27a | 第1の貫通孔     |
| 27b | 第2の貫通孔     |
| 31  | 第1の凹部      |
| 32  | 第2の凹部      |

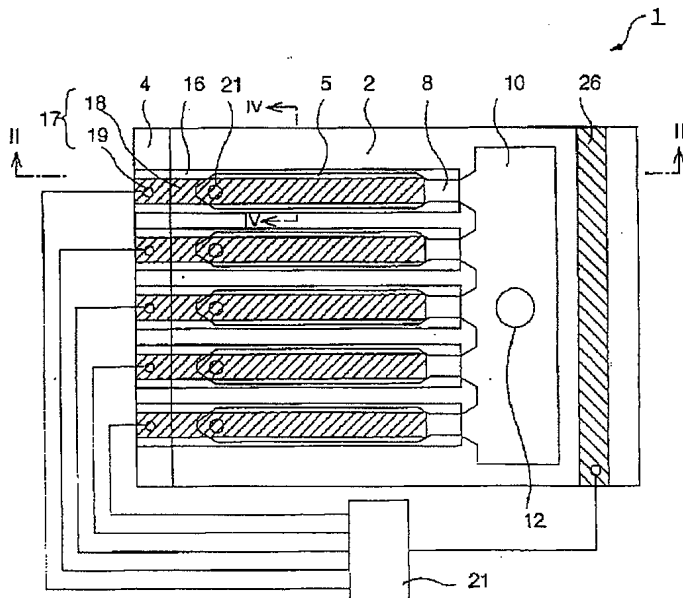
【図1】



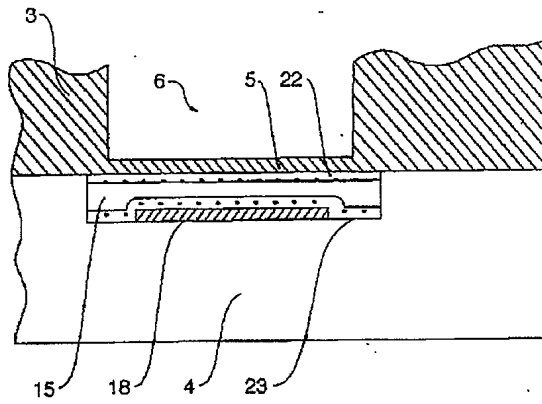
【図2】



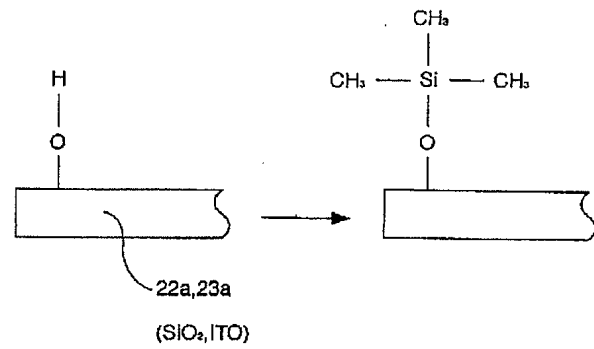
【図3】



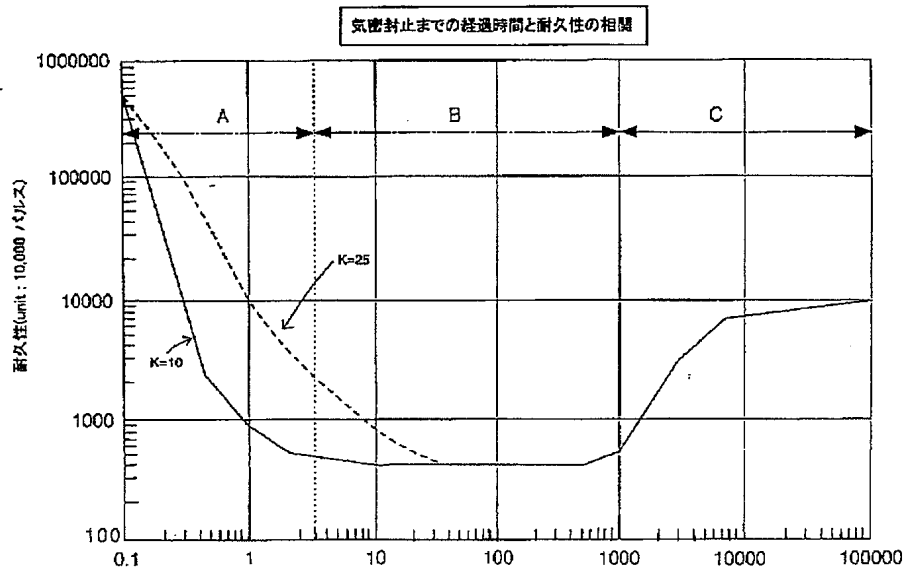
【図4】



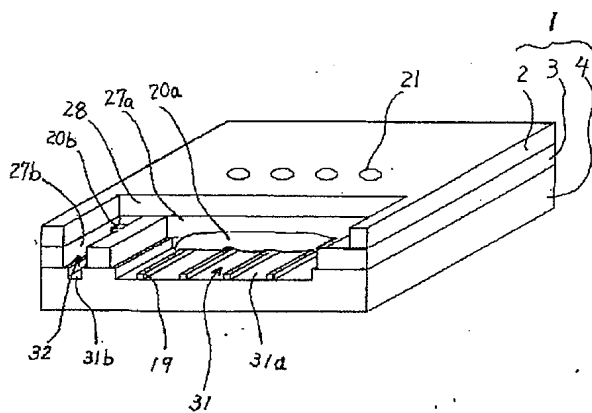
【図6】



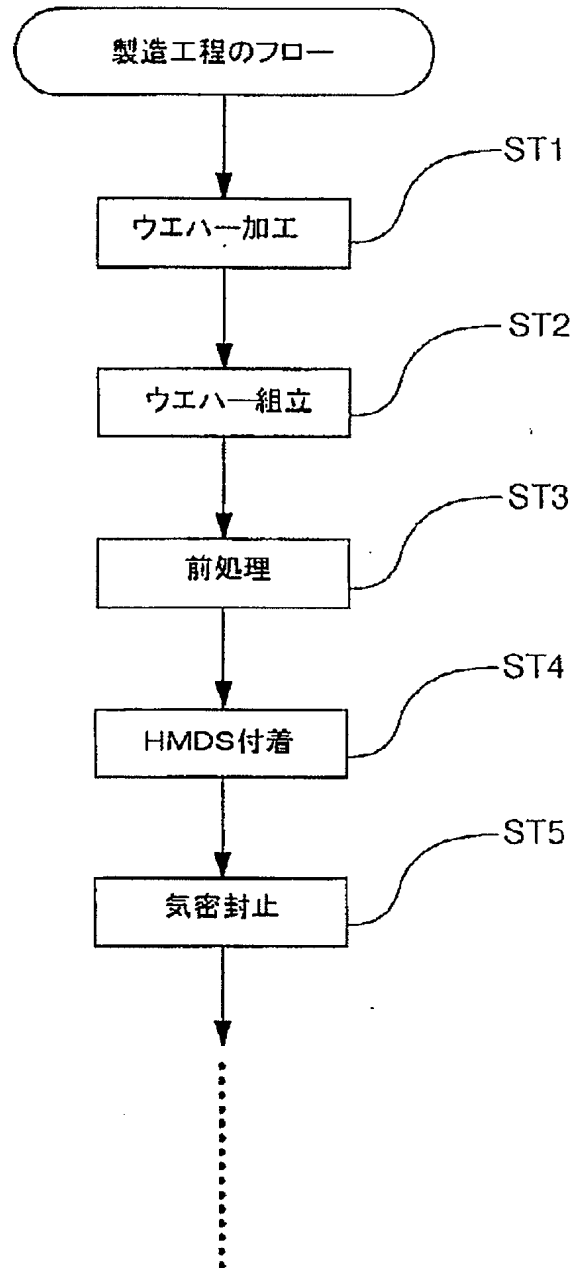
【図7】



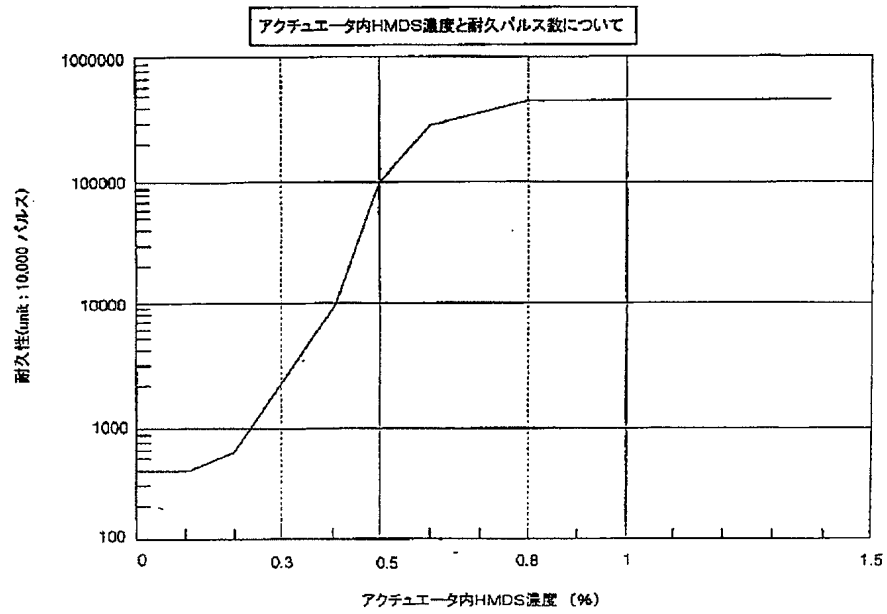
【図10】



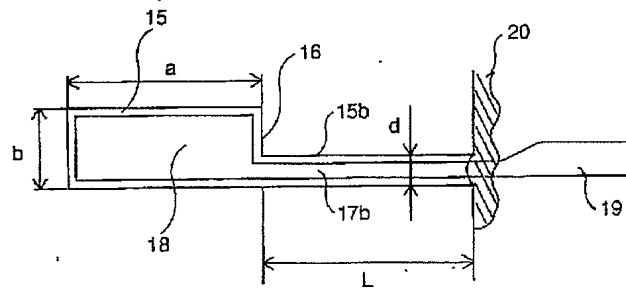
【図5】



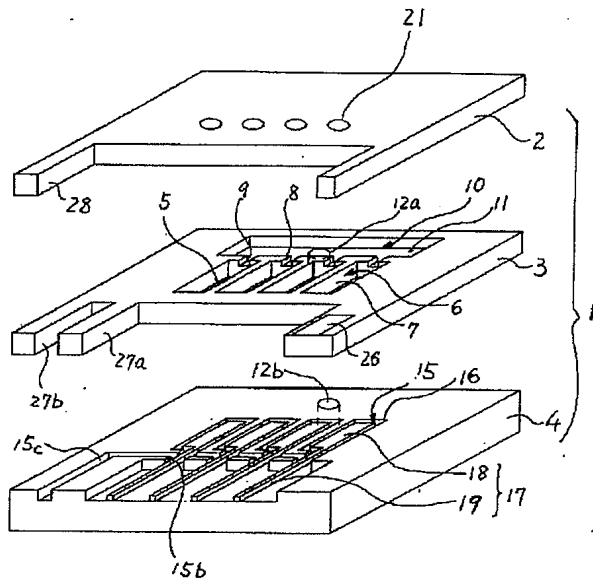
【図8】



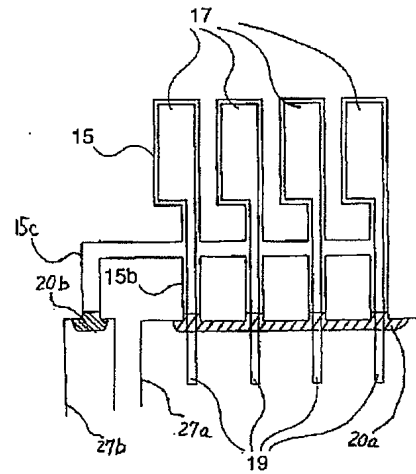
【図9】



【図11】



【図12】



【図13】

